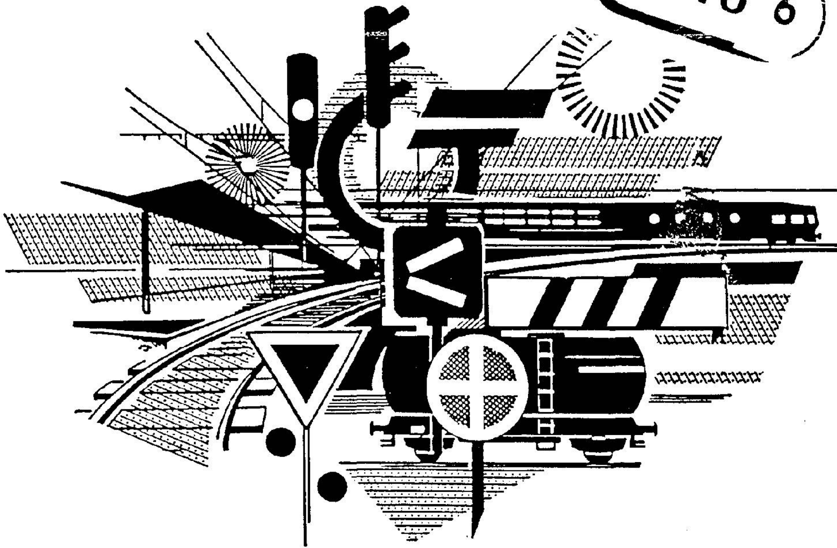




FERVOJFAKAJ KAJEROJ

Neregula informilo pri fakaj fervojaj aferoj.

N-ro 6



Eldonas: Internacia Fervojista Esperanto - Federacio

Enhavo:

J. Giessner:	Novaĵoj pri la eŭropaj grandrapidaj linioj	1
G. Sredić:	Amasa konstruado de fervojaj tuneloj	5
E. Glättli:	Aŭdaca anstataŭigo de du unutrakaj fervoj-pontoj el fero per dutraka arka betonponto	9
Teamo de DEFA:	Fervoja tunelo sub Granda Belto	13
J. Halász:	Fortoj, efikantaj al fervoja surkonstruado	17

Fervojfakaj Kajeroj - neregula informilo, n-ro 6.

Eldonkvanto: 150 pecoj
Paĝnombro: 23
Eldondato: majo 1997
Eldonanto: Internacia Fervojista Esperanto-Federacio
Presejo: H-preso, Brønderslev
Adreso de redaktoro: Ing. Ladislav Kovář, Grégrova 44, CZ-560 03 Česká Třebová
Lingve reviziis: Ing. Jan Werner

Novaĵoj pri la eŭropaj grandrapidaj linioj

Joachim Giessner (DE)

Enkonduko

Kiel konate la eŭropaj fervojoj jam de jaroj klopodas modernigi siajn retojn por ĉie en Eŭropo atingi pli grandajn rapidojn. La celo estas allogi pli multe da pasaĝeroj al la grandrapidaj trajnoj kaj en la distancoj ĝis mil kilometroj forpreni plej multe da pasaĝeroj de la aviadiloj. Tio estas grava ne nur el la ekonomia vidpunkto de la fervojoj, sed ankaŭ pro ĝenerale ekologiaj kaŭzoj. La gigantaj aviadiloj konsiderinde kontribuas al detruo de la ozontavolo ĉirkaŭ la terglobo, kiu estas vivdecida por la homoj kaj ĉio vivanta.

Komenciĝo de nova erao

La erao de la grandaj rapidoj komenciĝis antaŭ kvarona jarcento per la fama Shinkansen en Japanio. Ĉirkaŭ 1980 pasaĝeroj inter Parizo kaj Lyon uzis trajnojn kaj aviadilojn proksimume laŭ la sama kvanto. Dek jarojn poste la rilato estis 10:1 favore al la fervojo danke al la enkonduko de TGV inter la du urboj. Tiuj spertoj kaŭzis, ke Belgio, Francio, Germanio kaj Nederlando komencis esplori la eblecojn por grandrapidaj interŝtataj linioj, ĉar klare montriĝis, ke ne plu utilis pensi en la kadro de naciaj retoj. Necesis pensi trans la limojn kun ĉiuj konsekvencoj. Oni konstruis novajn liniojn por grandaj rapidoj aŭ konsiderinde modernigis ilin. En Germanio aperis la ICE (InterCityEkspreso). Eĉ trans akvon grandaj internaciaj linioj delonge funkcias. Kiel montras tiu ĉi bildo, sur kiu EŭroCity Hamburg-Kopenhago estas ŝovata sur pramon trans la Baltan Maron. Oni starigis **planon por reto de grandrapidaj linioj**, kio tamen okazis antaŭ la eventoj de 1989/90, kiel oni klare povas ekkoni. Ĝi favorigis la akson nordo-sudo, mankis la poste planitaj grandrapidaj linioj al orienta Eŭropo. Kompreneble tiuj linioj tiam jam ekzistis, sed ne taŭgis por grandaj rapidoj.

Dua plano

Laŭ la nova situacio necesis kompletigi la planon. Nun la planado etendiĝis al tuta Eŭropo, kaj ankaŭ la linioj inter okcidento kaj oriento estas en-

vicigitaj. En multaj landoj oni intertempe ekagis por antaŭenpuŝi la konstrulaborojn. Jen kiel ekzemploj eble la plej elstaraj, nome la funkciigo de la tunelo sub la Maniko kaj la transigo de la Granda Belto per ponto kaj tunelo en Danio, kiuj laboroj jam konsiderinde progresis.

Jen indas mencii du aliajn projektojn, kiuj en la venontaj jaroj antaŭvideble kompletigos la nunan situacion. Nome oni volas modernigi la gravegan koridoron de Berlino tra Prago al Vieno. Ekde 1998 la vojaĝtempo inter Berlino kaj Prago estos mallongigita de la nunaj 4 horoj kaj 40 minutoj al 3 horoj 45 minutoj. Por la jaro 2000 estas planita daŭro nur 3 horojn kaj 10 minutojn. Oni tion atingos helpe de rapidoj ĝis 160 km/h. Krome oni intencas enkonduki t.n. pendolinojn, do trajnojn, kiuj helpe de siaj teknikaj instalaĵoj en kurboj kliniĝas flanken kaj tiel ebligas multe pli grandan rapidon ol normalaj trajnoj. La fina rezulto de tiu plano estos integri la liniojn ĝis Vieno kaj de Prago tra Bratislava al Budapeŝto en la tuteŭropan reton por grandaj rapidoj.

Paralele la Baltaj Fervojoj planas aliĝon al la eŭropa reto per la projekto "BALTRAIL 2000" La tri landoj Litovio, Latvio kaj Estonio komune havas pli ol 5000 km de fervojaj linioj. El tiuj oni intencas modernigi 1800 km ĝis la jaro 2000 kun la celo trafikigi IC-trajnojn al Helsinki, Moskvo, Minsk, Varsovio kaj Berlino.

Ankaŭ Hispanio enviciĝis en la granda verko, parte jam per normala ŝpuro. Kiel ni ĝuste eksciis, ankaŭ en Balkano oni komencas agi. Nome oni planas du liniojn por rapido ĝis 250 km/h inter Beogrado en Serbio ĝis Galaţi ĉe la Danuba Delto tra Bukareŝto kaj alian de Bukareŝto tra la norda parto de Rumanio al Varsovio.

La necesaj konstruoj parte konsistas el novkonstruo de grandrapidaj linioj, parte el modernigo de jam ekzistantaj. Laŭ tiu plano la landoj de EK plus Svisio komune posedos 12.000 km de nove konstruitaj kaj 11.000 km de modernigitaj linioj. La realigado de tiuj planoj ĝis la jaro 2000 verŝajne limiĝos ĉefe je landoj en okcidenta Eŭropo, dum la realigado en la orientaj landoj dependos de la adaptiĝo de ilia ekonomio al la okcidenta nivelo.

Nova linio inter Köln kaj Frankfurt

En la mezo de Germanio – kvazaŭ kiel koro en la korpo – troviĝas du ekonomie fortaj regionoj de Köln kaj Frankfurt. Ĝis nun la fervoja linio,

kiu interligas ilin, devas sekvi la kurbiĝantan valon de la riviero Rejno. Sed nun oni komencis konstrui novan linion, kiu estos longa nur 177 km kompare al 222 km de la ĝisnuna linio. La planita vojaĝtempo estos 58 minutoj kompare al la nunaj 134 minutoj. La plej granda rapido estos 300 km/h. Dum ĉiu horo trafikos kvin trajnoj en ĉiu direkto.

La nova linio ĉefe iros paralele laŭ la jam ekzistanta aŭtoŝoseo n-ro A3, tiel oni evitos detrui grandajn areojn de la arbaroriĉaj montaroj Taŭnus kaj Westerwald, tra kiuj la traceo kondukos. Por povi konstrui la novan linion tra tiuj montaroj, oni ne intencas uzi ĝin por vartrajnoj, sed nur por ICE-trajnoj. Tio ebligas konstrui ekstremajn deklivaĵojn ĝis 40 ‰ kaj tamen atingi rapidon 300 km/h.

Gravaj rezultoj de la nova linio

La nova linio donos tri gravajn rezultojn, nome:

a) ĝi mallongigos la vojaĝtempon inter la grandaj popolriĉaj industricentroj Rejn/Ruhr-regiono kaj Frankfurt;
b) ĝi aldone interligos la du grandajn flughavenojn apud Köln kaj Frankfurt per rektaj trajnoj. En ambaŭ flughavenoj estos konstruataj modernaj subteraj ICE-stacioj;
c) ĝi konsiderinde plifavorigos la internacian trafikon inter la okcidentaj landoj Britio, Nederlando, Belgio, Francio unuflanke kaj la sudaj kaj orientaj partoj de Eŭropo aliflanke.

La antaŭvideblaj konstrukostoj estas ok miliardoj da germanaj markoj.

Nova trajngeneracio

Por tiu nova linio oni antaŭvidas ankaŭ novan trajntipon. Diference de la nuntempaj ICE-trajnoj, en kiuj la trenforto estas koncentrita en la du motorkapoj, la nova generacio konsistos el ok vagonoj, en kiuj ĉiu dua radakso havos propran transmision. Nur helpe de tiu nova teknologio estos eble ekonomie majstri la krutajn deklivojn de la nova linio kaj tamen atingi 300 km/h. Krome tiuj novaj motortrajnoj kapablos akceli pli rapide al granda rapido, kio utilos ankaŭ sur la aliaj ICE-linioj por mallongigi la vojaĝdaŭron. Parto de la novaj trajnoj estos ekipita per plursistema elektronika tekniko, tiel ke ili povu trafiki ankaŭ sur la retoj de najbaraj fervojoj.

Grandrapida linio Köln-Hannover preta en 1998

Konekse al la priraportita linio ni menciu, ke la nove konstruata linio Köln-Hannover estos funkcikapabla antaŭvideble en 1998. Ĝi grave mallongigos la vojaĝdaŭron inter okcidenta Eŭropo kaj Berlino inkluzive de orienta Eŭropo.

Ekologiaj aranĝoj

Certe tre interesaj estas kelkaj detaloj pri la ekologia flanko de la priskribitaj konstrulaboroj. Por la tuta linio la fervojo bezonas iom pli ol 700 hektarojn da grundo. La traceo mem kun flankaj vojetoj pretendas nur 30% de tiu areo. Ĉirkaŭ 60% estos talusoj, deklivoj, digoj aŭ nekultivitaj terpecoj. Post fino de la konstrulaboroj sur tiuj areoj estos plantataj ekologie valoraj vegetaĵoj, kiuj servos ankaŭ al birdoj kaj aliaj bestoj.

Perspektivo

La konstruado de la nova linio estas unu el multaj pruvoj, ke fervojoj, jen la germana, sed same ĉiuj aliaj, estas sur la ĝusta vojo por plenumi la trafikajn kaj ekologiajn postulojn de la finiĝanta kaj de la venonta jarcentoj. La investitaj kaj investotaj miliardaj sumegoj ne estos elspezitaj vane. Ili servos al la bonfarto de la homoj kaj de la naturo, sekve ankaŭ al la generacioj post ni.

■

Amasa konstruado de fervojaj tuneloj
("Tunelomanio")

Gvozden SREDIĈ (YU)

Kuraĝigitaj per sukceso de konstruintoj de la tunelo sub la Maniko, multaj eŭropaj fervojoj faras planojn pri konstruado de novaj tuneloj. Laŭ amaseco de tiuj planoj, longo de tiuj tuneloj kaj kostoj de ilia konstruado oni preskaŭ povus paroli pri iuspeca "tunelomanio" sur la Malnova Kontinento. Laŭ tiuj planoj ekzemple la montara masivo de Alpoj baldaŭ povus simili al la konata svisa fromaĝo *Ementaler* pro multnombraj truoj. Krom ekzistanta deko de tiel nomataj montoflankaj tuneloj oni nun antaŭvidas konstruon de pluraj pli longaj montobazaj tuneloj en Svislando, Aŭstrio, Italio, Francio ktp.

Kompreneble tio ne estas ĉio. Projektoj pri konstruado de tuneloj abundas ankaŭ aliloke. La plej interesaj estas ekzemple tiuj sub Ĝibraltaro, sub Pireneoj aŭ sub Bospora Markolo kaj parte ankaŭ en Danio (kie tuneloj estas parte kombinitaj kun pontoj). Pri la tuneloj sub 10 km, kiaj estas du ankaŭ en Jugoslavio, en ĉi tiu kunteksto eĉ ne indas paroli.

Svisa projekto NEAT

La svisa projekto NEAT estas sen ia ajn dubo la plej ampleksa kaj samtempe la plej multekosta fervoja projekto en Eŭropo. La motivo de ĝia planado estas konstanta kresko de transita trafiko inter Eŭropo kaj Italio, kiu en la lastaj tridek jaroj kreskis sesoble, atinginte (en la jaro 1993) la nivelon de 20 milionoj da tunoj, el kio 75% realiĝas per fervojo. La prognozoj antaŭvidas duobligon de tiu trafiko en la venontaj du-tri jaroj. Krom tio, ĝia realigo havas ankaŭ grandan ekologian signifon pro la negativa influo de la ŝosea trafiko sur la ĉirkaŭaĵon (bruo, emitado de danĝeraj gasoj, akcidentoj ktp.).

Laŭ la indikoj de Svisaj Federaciaj Fervojoj (SBB), ĉi tiu projekto havas jenajn karakterizaĵojn:

Indiko	Gotthard	Lötschberg
Longo de novaj linioj, km	125	55
Longo de montobazaj tuneloj, km	57	33
La plej granda supermara alto, m	571	827
Transportkapacito (trajnoj en ambaŭ direktoj)	300	100
Transportkapacito (milionoj da jartunoj)	50	19
Kostoj (miliardoj da CHF)	10	5

Realigo de tiu ĉi tre ampleksa projekto postulos ne nur amason da mono, sed ankaŭ sufiĉe da tempo. Ambaŭ svisaj fervojoj, kiuj partoprenas en ĉi tiu projekto (SBB kaj BLS), antaŭvidas baldaŭan komenciĝon de laboroj, kiuj daŭros 8 ĝis 10 jarojn. Ĉu vere estos tiel, oni vidos, gravas starti.

Ĝibraltaro

Hispanio kaj Maroko planas sekvontjare komenci boradon de fervoja tunelo sub la ĝibraltara markolo, kiun siatempe faris Heraklo, antikva greka heroo. La borado de duoblaj tuboj povus esti finita en la jaro 2010. Laŭ hispanaj fontoj la tunelo devus havi totalan longon de 39 kilometroj kaj la kostoj varius inter ses kaj ok miliardoj da germanaj markoj.
Ambaŭflanke oni esperas, ke la Eŭropa Unio partoprenos en la financado de la projekto, sed oni kalkulas ankaŭ pri privataj investistoj (simile kiel kaze de la tunelo sub la Maniko). Enirejo sur la hispana flanko troviĝos proksime al la urbo Tarifa kaj sur la maroka flanko apud Tanger. La tuboj estos traboritaj en longo de 28 km sub la maro (akvo) kaj la plej profunda loko estos 400 m sub la akva surfaco. La trajnoj povus jare transporti tra la tunelo rondcifere 10 milionojn da homoj (pasaĝeroj) kaj du milionojn da aŭtomobiloj. Nuntempe la ŝipoj transportas rondcifere 4 milionojn da pasaĝeroj inter Hispanio kaj Maroko. Per rapido de 120 km/h la trajnoj pasus tra la tunelo dum proksimume duona horo.

Pireneoj

Pri la francoj oni povus trankvilanime diri, ke ili estas kaptitaj de la "tunelomanio". Post la finkonstruo de la tunelo sub la Maniko ili jam planas novajn similajn projektojn: unun sub Alpoj por ligo kun Italio (grandrapida fervojo Lion – Torino) longa 54 km kaj alian por ligo kun Hispanio sub pirenea montara masivo. Pri la senĉesa borado sub Parizo por la bezonoj de metroo ne necesas ĉi tie paroli pli detale.

Kiam temas pri la ligo inter Hispanio kaj Francio la pirenea masivo ne estas sola obstaklo: la problemo estas ankaŭ la diferenco en la fervoja ŝpuro, sed tio estos baldaŭ solvita. Francaj (SNCF) kaj hispanaj (RENFE) fervojoj planas konstruon de tunelo sub la masivo Vignemale (supermara alto 3298 m), kvindekon da kilometroj for de la konata pilgrima loko Lourdes, proksimume meze inter Antlantika Oceano kaj Mediteraneo. Montobaza tunelo tie estus longa ĉirkaŭ 50 km kaj estus konstruata en la alto de ĉirkaŭ 1000 m, sen grandaj ramploj por ebligi trafikon de pezaj trajnoj.

Konstruo de tiu tunelo devus ebligi altiron de 25% de ekzistanta trafiko kaj tio prezentas trafikan amplekson, kiun oni atendas ĉe la tunelo sub la Maniko en la jaro 2003. Antaŭvidata alto de kostoj de la konstruo varias inter 8 kaj 10 miliardoj da germanaj markoj.

Beringa markolo

La malantaŭa parto de la mondo (por ni eŭropanoj) havas du duonojn: dekstre Alaskon kaj maldekstre Siberion. Inter ili kuŝas Beringa markolo, en kiu nenio grave okazis dum la lastaj 12.000 jaroj, post kiam maro inundis la terkolon transiratan ĝis tiam de mamutoj kaj homoj el Azio al Ameriko kaj inverse. Pri tiu 'perdita' terparto la usona inĝeniero Ĝorĝ Koumal havas nun grandajn planojn: li volas tie konstrui tunelon longan 94 km por ligi tiel Ruslandon kaj Usonon kaj krei "ĉefan mondan arterion de varfluoj". Li mem komencis okupiĝi pri tiu ideo en la jaro 1986, sed li konstatis, ke jam en la jaro 1905 estis fondita kompanio nomata *Trans-Alaska Siberian Railroad* kun la sama celo, sed ĝi pereis dum la revolucio.

El la teknika vidpunkto la tunelo onidire estus relative simpla defio: la markolo estas larĝa 85 km, kaj en ĝi troviĝas du insuloj, unu usona, la alia rusa. La tunelaj tuboj tie povus ricevi freŝan aeron. La longo de ĉiuj tunelaj tuboj atingus duoblan longon de la tunelo sub la Maniko, sed tio ne timigas la inĝenieron Koumal. Laŭ liaj prognozoj, la konstruado de la tunelo daŭrus 20 jarojn kaj kostoj sumiĝus al 50 miliardoj da dolaroj. Li opinias, ke la rusa kaj usona registaroj povus helpi en kolektado de mono, sed tio estas iomete dubinda afero.

La plej granda problemo ne estas tunelo, sed manko de fervojaj linioj sur ambaŭ flankoj: en Siberio mankas 'nur' 3300 km kaj en Alasko 1800 km. Nur la kostoj de projektado estas taksataj je sep milionoj da dolaroj. Ĝis

nun ĉio restas sur papero, sed mi petas vin, ne ridu: pensu pri historio de la ideo pri konstruado de la tunelo sub la Maniko kaj pri la multaj aliaj grandaj ideoj, kiuj komence estis priridataj.

Mesina markolo

Post multjaraj diskutoj ŝajnas, ke nun finfine estas 'fikse' planata la fiksa ligo inter la plej suda parto de la 'itala boto' (Kalabrio) kaj la insulo Sicilio. La afero estas tre urĝa, ĉar en la pasinta jaro ekzemple trajektaj ŝipoj transportis tra la markolo ĉirkaŭ 20 milionojn da homoj, kvin milionojn da personaj aŭtomobiloj kaj preskaŭ 1,5 milionojn da ŝarĝaŭtomobiloj kaj milionon da fervojajvagonoj.

En la diskuto pri ponto aŭ tunelo oni orientiĝis finfine al tunelo interalie ankaŭ pro danĝero de tertremoj (la plej forta tertremo en la jaro 1908 pereigis 100.000 homajn vivojn). Sed antaŭvidata teknologio estas iomete 'tera incognita', ĉar temas pri 42 m larĝa kaj 24 m alta strukturo el armita betono, kiu ŝvebos 30 m sub la marnivelo. La subakva tunelo estus puŝata supren, kaj pro tio ĝi estos ankrita en la fundon de la markolo per specialaj ŝtalaj kabloj, regataj per komputiloj.

La unuaj prognozoj parolas pri la kostoj inter tri kaj kvar miliardoj da germanaj markoj. Cetere, la sama sistemo povus esti aplikata ankaŭ en aliaj landoj, ekzemple, inter Konstanco kaj Meersburg ĉe Konstanca Lago, sed ĝia realigo ne estas tiel proksima.

Konkludo (provizora)

Per tiuj ĉi verŝajne plej interesaj projektoj la listo de antaŭvidataj longaj fervojaj tuneloj tutcerte ne estas elĉerpita. Al tiu listo, ekzemple, oni povus aldoni jam menciitan tunelon sub Alpoj (longan 54 km), kiu per grandrapida linio kunligos la francan Lyon kaj la italan Torinon. Notinda estas kompreneble ankaŭ planita montobaza tunelo Semmering en Aŭstrio (longa 22,2 km), sed inter la verkado de ĉi tiu teksto kaj ĝia prezento povus aldoniĝi ankoraŭ iu interesa tunelo, ekzemple tiu sub la markolo de Bosporo, kiu simile kiel tiu sub Ĝibraltaro aŭ tiu sub Beringa markolo kunligus du kontinentojn, ĉi foje Eŭropon kaj Azion. Kiu vivos, tiu vidos, la konkurso estas konstante malfermita.



Aŭdaca anstataŭigo de du unutrakaj fervoj pontoj el ŝtalo per dutraka arka betonponto

Ernst GLÄTTLI (CH)

Unuafoja realigo ĉe la Svisaj Federaciaj Fervojoj

Ĉi tiun, por nefakuloj ŝajnan miraklon efektivigis antaŭ nelonge inĝenieroj kaj fakspertaj laboristoj de pluraj entreprenoj en la svisa urbo Brugg.

Kio okazis? Ni reiru al la pasinta jarcento. En la jaro 1875 estis konstruita fervojlinio inter Basel kaj Brugg. Tiucele necesis konstrui ponton trans la riveron Aare, kiu trafluas la urbeton Brugg. Kvankam temis pri unutraka linio, sagacaj fervojpioniroj postulis dekomence la konstruon de pontopilieroj por du trakoj.

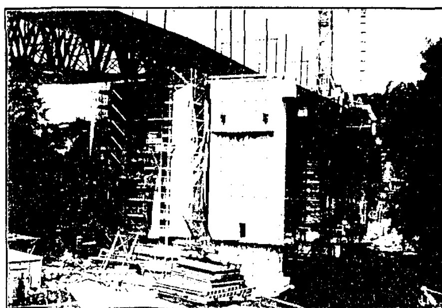
30 jarojn poste montriĝis necese dutrakigi la menciitan fervojlinion. Senprobleme estis eble konstrui la duan ponon sur la ekzistantaj pilieroj. Tio okazis en la jaroj 1904/05.

Komence de la 1990aj jaroj altrudiĝis plifortigo de la fervojpontoj en Brugg, ĉar la nombro de trajnoj kreskis je 240 tage, kaj pezo de la trajnoj konsiderinde pligrandiĝis.

Paralele al tio kreskis ankaŭ la bruo, kiun kaŭzis la trajnoj transveturante la ŝtalajn pontojn. Sekve inter la apudloĝantoj plifortiĝis batalo kontraŭ la bruo. Finfine la fervojdirekcio decidis anstataŭigi la du ekzistantajn ŝtalajn pontojn per dutraka, arka, konkostruktura betonponto.

La ellaborita plano antaŭvidis ses konstrufazojn. Meze de 1993 komenciĝis la laboroj. Dum la unua fazo oni konstruis apud la malnovaj pontopilieroj tiel nomatajn help-pilierojn. Necesis ses tiaj.

Sur ili estis konstruita nova betonponto samnivele kun la du malnovaj pontoj. Dum la tuta konstrudaŭro la fervojtrafiko okazadis senprobleme sur la ekzistantaj pontoj. En junio 1995



Sur help-pilieroj estiĝas la nova betonponto. Maldekstre la malnova fervojponto el fero.

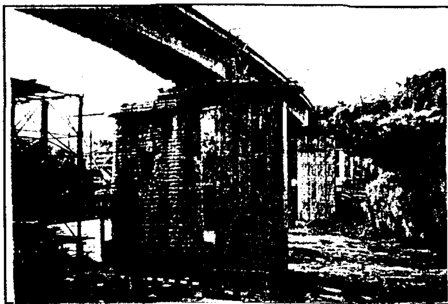
la betonponto estis finkonstruita.

Pro la fakto, ke ĝis nun ĉiu trako havis sian propran ponton, kaj la pilieroj estis konstruaj unuoj, la 2a fazo de la konstruprogramo estis relative facile realigebla. La fervojtrafiko ekde nun okazadis sur unu trako kaj la faklaboristoj malmuntis la trakon kaj la ŝtalkonstruaĵon najbaran al la nova ponto. La malnovaj pilieroj fariĝis duone nudaj kiel ili estis de 1875 ĝis 1904. Per konstruo de transversaj portiloj el ŝtalbetono, kiuj interligis plej supre la help-pilieron kun la malnovaj pilieroj, oni realigis la antaŭkondiĉon por komenci la 3an konstrufazon.

Temis sendube pri la plej spektakla parto de la konstruplano. Nun estis preta:

Dutraka ponto-superkonstruaĵo farita el prestreĉita betono, 234 metron longa kaj 11.500 tunojn peza

Sed ĉi tiu novkonstruaĵo ankoraŭ ne troviĝis en la ĝusta loko. Necesis flankenŝovi ĝin unue je 7 metroj, por ke ĝi parte kuŝu sur la malnovaj pilieroj, tie, kie oni forigis unu el la du ŝtalpontoj, kaj parte sur la provizoraj help-pilieroj. Por la ŝovo oni devis instali sur ĉiu help-piliero hidraŭlikajn premilojn, entute 18. Iliaj movpuŝoj estis centre stirataj de komputilo. La spektaklo komenciĝis la 3an de julio je la 8a horo. Per variaj puŝfortoj inter 150 kaj 410 kN (kilonutonoj, kompareblaj kun la pezo – maso – de 15-41 tunoj) la premiloj ŝovis la betonkoloson milimetron post milimetro en la direkto al la destinloko. Por redukti la frotadon sur la transversaj portiloj la ponto glitis sur kontinue submetitaj NEOPREN-tavoloj provizitaj per 13 milimetrojn dika TEFLON-protektotegaĵo. Pro limigita cilindra kapacito de la premiloj, la ŝovado suferis post 30 centimetroj mallongan interrompon por enmeti inter la premilojn kaj la ponton tiel nomatajn plenig-elementojn.


La finkonstruita betonponto duonvoje ŝovita de la help-piliroj al la malnovaj pilieroj

Multaj rigardantoj travivis la spektaklon surloke. Laŭdire venis interesuloj eĉ el Usono, Japanio kaj

Hindio. La respondeca inĝeniero klarigis la ŝovadon al la ĉeestantoj helpe de monitoroj, sur kiuj estis bone ekkonebla la moviĝo de la ponto. Ne la ripetfoja ekpuŝo de la betonkoloso estis la problemo, sed la danĝero, ke la glitado povus fariĝi tro rapida. Kompreneble oni pensis pri tio kaj konstruis reten-instalaĵojn, kiuj permesis la glitadon de la ponto nur tiom distance, kiom la premiloj estis en funkcio. Kaj, por eviti eventualan devion, la ponto estis tenata de laŭlongaj kaj transversaj gvidreloj. Dum la tuta tempo trajnoj 'tondris' trans la dume restantan ŝtalponton. Vere senspiriga spektaklo por la spektemuloj, kiuj staris sub la ponto kaj observis la specialistojn agantajn en vertiĝodona alto super la rivero Aare. Vespere je la 17a horo la ponto atingis sian provizoran pozicion. Nun venis la tasko alporti balaston, ŝpalojn kaj relojn por instali trakon sur la pontoduono, kiu nun kuŝis sur la malnovaj pilieroj. Komence de aŭgusto 1995 ĉio estis preta. La lasta trajno de la 7a de aŭgusto trapasis ankoraŭ la malnovan ŝtalponton, kaj la unua trajno de la 8a de aŭgusto jam uzis la trakon sur la nova beton-ponto.

La laboroj en la 4a fazo de la konstruprogramo estis jam rutinaj. Temis pri la malmuntado de la restanta ŝtalponto. Ĝi finiĝis komence de novembro 1995.

Sekvis la 5a fazo de la konstruprogramo, kiu estis ankoraŭfoje treege interesa. Vendrede la 17an de novembro 1995 je la 22a horo la trajntrafiko inter Brugg kaj Basel ĉesis. Trakbontena skipo interrompis la ekspluatadotrakon ambaŭflanke de la ponto. Kaj noktomeze la samaj specialistoj, kiuj jam aktivis dum la 3a konstrufazo, komencis ankoraŭfoje flankenŝovi la betonkoloson je pliaj 6,5 metroj. Frumatene ĝi atingis sian definitivan pozicion, kuŝante nun komplete sur la malnovaj ponto-pilieroj. Intence la dua trako estis pretigita sur la nova ponto antaŭ la forŝovo, por ke la fervojlinio inter Brugg kaj Basel kiel eble plej baldaŭ ree funkciu, almenaŭ sur unu trako. Lunde la 20an de novembro 1995 je la 6.23 horo la unua trajno jam trapasis la definitive lokitan betonponton.


La nova betonponto atingis la definitivan pozicion sur la 120jaraĝaj ponto-pilieroj.

La 6a fazo de la konstruprogramo ne plu ĝenis la trajntrafikon. Temis pri alĝustiglaboroj por rekomenci la dutrakan trajntrafikon. Sed ĉi tiu lasta fazo antaŭvidis ankaŭ la malkonstruon de la help-pilieroj.



La eleganta, arkigita betonponto kun penda ponto por piedirantoj. La help-pilieroj estas for.

Fina rimarko: Jam en la tuta mondo estis starigita ponto-surkonstruaĵo en senpera proksimo de malnova ponto kaj poste ŝovita al ties loko. Sed, la alŝovo de arka ponto, kiel okazis super la rivero Aare en Brugg estis absoluta novaĵo.

■

Fervoja tunelo sub Granda Belto – muntado de ekipaĵo

Teamo de DEFA[1] (DK)

Kiel ni jam prezentis antaŭe kaj laŭ la kajero *Storebælt* (= Granda Belto) *dum 7 minutoj* – eldonita de DSB[2] ankaŭ kun enmetita Esperanto-traduko – dum pluraj jaroj okazas ampleksaj laboroj apud, sub kaj sur Granda Belto, la akvo, kiu troviĝas inter la danaj insuloj Selando kaj Fueno.

Dum pli ol 100 jaroj oni parolis pri ponto aŭ tunelo, ĝis fine en 1987 la dana parlamento decidis pri konstruo de kaj pontoj kaj tuneloj.

Ni rapide resumu, pri kio temas:

Meze en la Belto situas insuleto Sprogø. Okcidente – do inter Sprogø kaj Fueno – estas malalta ponto por fervoja kaj ŝosea trafiko. Oriente – do inter Sprogø kaj Selando – estas du paralelaj tuneloj por la fervoja trafiko kaj estos alta ponto por la ŝosea trafiko.

Pri la tuneloj kaj ilia ekipaĵo temas ĉi tiu artikolo.

Elektrizado

En Danio la elektra reto estas dividita al du partoj, unu por Selando, unu por Jutlando-Fueno, sed la du sistemoj ne estas sinkronaj, pro tio ili ne povas esti unuigitaj per la kontaktolineoj de DSB.

Por eviti kunligon de la du elektraj reto-sistemoj estos sur Sprogø enkonstruitaj neŭtralaj kontaktolineaj sekcioj.

Ordinare DSB uzas kontaktodratan sistemon kun portanta kablo trans maksimuma distanco inter mastoj je 60 m. Sur la okcidenta ponto la distanco estos maks. 45 m pro granda influo de la vento.

En la tuneloj ne estos loko por ordinara kontaktolinea instalaĵo. Pro tio estos konstruita tute nova sistemo, kiu postulas malpli da loko.

La trako

En la tuneloj estos seka klimato dum la tuta tempo. Tial estos tre grave, ke la ŝotro inter la betonaj ŝpaloj estu tute pura. Ĝi ne entenu polvon, ĉar la polvo kirle ekflugus kaj kuŝus sur ĉiu instalaĵo kaj tiel altigus riskon de

[1] Dana Esperantista Fervojista Asocio

[2] Danske Statsbaner = Danaj Ŝtatfervojoj

rompo de la cirkvito.

Sekureco en ĉiuj cirkonstancoj
La interligo inter trakforkoj kaj signaliloj kaj la instalaĵoj estos konstruita kiel ringa interligo – tio signifas, ke la instalaĵo povas daŭre funkcii, eĉ se en iu loko estos akcidento.

Aŭtomata trajnkontrolo – ATC
ATC funkcias kiel kromarango super la sekurigaj instalaĵoj. ATC distribuas informojn inter la sekurigaj instalaĵoj kaj la trajnoj.

Fervojtekniko en la orienta tunelo

Faktoj pri la tunelo
La fervoja interligo inter Korsør kaj Sprogø estos konstruita kiel du boritaj tuneloj, kun ekstera diametro ĉ 8,5 m kaj longeco ĉ 8 km. La mantelo de la tunelo estos el betono 40 cm dika.
La ekstremaj partoj de la tuneloj estos konstruitaj kiel tuneloj en kovrita tranĉeo.

La du tuneltuboj estos paralelaj kun interspaco larĝa 25 m. La tuneloj estos kunligitaj per transversaj tuneloj post ĉiuj 250 m. La transversaj tuneloj havos diametron ĉirkaŭ 4,5 m, kaj estos uzataj kiel akcesoraj ligoj inter la du ĉeftuneloj kaj por teknikaj instalaĵoj.

Tra la tuneloj estos eble veturi per elektraj aŭ per dizelaj trajnoj.

La maksimuma rapido sur la linio estos 180 km/h.

Oni atendas, ke veturos 140 pasaĝer- kaj 100 vartrajnoj tra la tuneloj dum tagnokto.

Ventolado
La ventolado en tuneloj ordinare okazas tiel, ke trajno puŝas la aeron antaŭ si kiel kusenon, kaj samtempe suĉas freŝan aeron en la tunelon per subpremo, kiu ekestas malantaŭ la trajno. Tiu 'piŝta efiko' signifas, ke la tuneloj estas ordinare memventolataj.

Ventolila ekipaĵo en la tuneloj estos instalita i.a. por ke la pasaĝeroj havu sufiĉe da aero, se trajno haltos kaj staros dum longa tempo en la tunelo.

La ventolila ekipaĵo konsistos el pluraj impulsventoliloj, kiuj kapablos prizorgi la plej malfacilan situacion: brulantan trajnon meze en la tunelo. En tiu situacio la ekipaĵo devos liveri aerrapidon 4-5 m/sek.

La ventolila ekipaĵo povos blovi aeron al ambaŭ direktoj. Tiel oni povos

ĉiam elekti la pli bonan ventolad-direkton kaj per tio aranĝi, ke fumo kaj varmo de eventuala fajro evoluu nur unudirekten, por ke la fajrobrigado povu veni al la fajro.

Ekspluato kaj prizorgado

Ĉiuj teknikaj instalaĵoj estos regulitaj de pluraj komputiloj. La du ĉefkomputiloj troviĝos ĉiu en sia apertura konstruaĵo en Selando kaj Sprogø. La aperturkonstruaĵoj troviĝos ĉe la tunelaperturo ĉe ambaŭ finoj de la ramploj. La ĉefkomputiloj havos konekson kun malpli grandaj komputiloj, kiuj troviĝos en la transversaj tuneloj.
La instalaĵoj daŭre registros:

- ĉeeston de diversaj gasoj
- temperaturon
- aer-kondiĉojn
- fajron
- akvonivelon en pumpbasenoj

La instalaĵo konstante superrigardos:

- tunel- kaj pont-konstruaĵojn
- komunikadinstalaĵojn
- instalaĵojn por elektro-nutro
- lumigadon
- ventolilojn
- pumpojn
- sekurigajn pordojn.

Provizita de tiuj faktoj la komputilo aŭtomate reguligos la instalaĵojn:

- pumpajn
- ventolajn
- fridigajn
- aerpremajn
- lumigajn.

Kurentnutrado

La grandbelta trafika sistemo enhavos multajn elektrajn instalaĵojn, kiuj kontribuos parte al la ĉiutaga trafiko, parte al la sekuriga sistemo.

La kurentonutrado por la tunelo estos konstruita kiel ringocirkvito. Tiel efiko de kurenta manko ne estos tiom grava.

La tunelon kurentoprovizos kaj Selando kaj Fueno. La ĉiutaga kurentoprovizo venadas de Selando, sed oni povos konekti la elektrajn lineojn al transformatoroj sur Fueno, se necese.

Inter la du kurentocentroj – Selando kaj Fueno – estos neniu rilato, ili estos tute sendependaj. Tiel ili povos funkcii kiel rezerva instalaĵo unu por la alia.

Fine instaliĝos helpa kurentocentro. Ĝi povos funkcii dum kelkaj horoj kaj estos uzata nur, se ambaŭ kurentonutrejoj ne funkcios samtempe. Ĝis nun tio neniam okazis.

Estas nur la gravaj instalaĵoj, kiuj estos ligitaj al la help-nutrado – sekurigaj instalaĵoj, radiofonioj, regaj kaj kontrolaj instalaĵoj kaj helplumigo.

La kurentoprovizado por Granda Belto estos i.a.

- konstanta kurentoprovizado
- sub-tensiaj tabuloj
- lumigado
- montrado de elirvojoj
- helpa kurentonutrado.

Lumigo

Rilate la ĉiutagan trajntrafikon ne necesos lumigi la tunelon. Sed kiam oni laboros en la tunelo, oni bezonos lumon, ekzemple ĉe bontenado kaj riparo kaj se trajno eksterordinare haltos en la tunelo.

Labora kaj elirvoja lumigo venos el la sama instalaĵo, kiu lumigos la trakareojn kaj trotuarojn.

La montrilojn ĉe la elirvojoj provizos per kurento specialaj instalaĵoj. La montriloj indikos la plej mallongan elirvojon por evakuado, se okazus akcidento en la tunelo.

★ ★ ★

Kiel jam menciite, la sekureco estas ekstreme grava afero en la tuta projekto, interalie pro amasinformiloj, kiuj ŝategis plurfoje rakonti pri eventualaj teruraĵoj, se okazus tio aŭ tio. Kaj kvankam kelkaj homoj suferas pro klostrofobio kaj ne toleras fermitan ejon, supozeble la pasaĝeroj apenaŭ rimarkos, kiam la trajno subiros la Belton. La veturdaŭro en la tunelo ja estos nur 3-4 minutoj.

Tamen la sekurecaj instalaĵoj estas faritaj tiel – por apliki la danan esprimon – ke oni 'uzas kaj zonon kaj ŝelkojn'.

Fortoj efikantaj al la fervoja surkonstruaĵo

D-ro József HALÁSZ (HU)

Partoj de la fervoja surkonstruaĵo estas la reloj, relfiksaĵoj, apogplatoj, ŝpaloj kaj balasto. Pro plibonigo de kvalito de ŝpaloj el prestreĉita betono, oni lasttempe konstruas trakojn sen apogplatoj, ŝparante tiamaniere gravan kvanton da ŝtalo.

La plej grava elemento de la trako estas **relo**. La reloj apogas la veturilojn ruliĝantajn sur ili. Ili distribuas la ŝarĝojn de veturiloj al pluraj ŝpaloj, kaj per ties helpo la ŝarĝojn ricevas la balasto. Alia tasko de reloj estas gvidi veturilojn helpe de radflanĝoj. Do, la relo estas klinita ŝarĝporta trabo, alie ĝi estas gvida strukturo de la ŝpurgvidata transporto.

La **relfiksaĵoj** estigas firman, tamen elastan kunligon inter ŝpaloj kaj reloj, aliparte ili kunligas horizontale la sinsekvajn relfinojn.

La **ŝpaloj** kiel ŝarĝportaj strukturoj apogas la relojn kaj transdonas la ŝarĝojn devenantajn de la radoj al balasto.

Tasko de la **balasto** estas realigi por la trako bonan, firman kaj elastan apogon, malpliigi kaj dismeti la ŝarĝon ricevitan de la ŝpaloj al la tera trakbazo. Ĝi devas prezenti por la trako sufiĉe grandan reziston kontraŭ laŭlongaj kaj transversaj moviĝoj, ebligi forfluigon de akvo devenanta el pluvo aŭ neĝo kaj ebligi trakorektigadon.

Dum longa evolua periodo de fervojo elformiĝis diversaj sistemoj de fervoja surkonstruaĵo. El ili estas menciindaj:

sistemo kun laŭlongaj ŝpaloj,
sistemo kun betonblokaj ŝpaloj,
sistemo kun transversaj ŝpaloj,
sistemo senbalasta.

El la menciitaj estas plej ofte uzata la sistemo kun transversaj ŝpaloj, ĉar

- la distribuo de ŝarĝoj estas en tiu sistemo favora,
- ĝi ebligas forfluigon de akvo el sub la trako,
- la laboroj de konstruado, bontenado kaj trakorektigado estas bone mekanizeblaj,
- la geometrio de trako estas facile formebla kaj ĝi estas longdaŭra,
- la preskribitaj mezuroj de ŝpuro kaj kliniĝo de reloj kune kun iliaj transiroj estas plenumeblaj sen problemoj,
- la permesata ŝarĝmaksimumo de la trako estas pliigebla per malpliigo de la ŝpaldistanco,
- okaze de akcidentoj aŭ eksterordinaraj eventoj oni povas fari la riparon rapide.

Ankaŭ aliaj sistemoj estas uzataj, sed limigite por specialaj celoj.

Escepto estas la sistemo kun betonblokaj ŝpaloj, kiu estas vaste uzata ĉefe en Francio.

La mezurojn kaj elformadon de surkonstruaĵaj strukturoj determinas tiuj streniĝoj, kiujn la strukturoj devas porti longdaŭre sen difekto.

La fortoj ŝarĝantaj la trakon povas esti vertikalaj, transversaj kaj laŭlongaj. La vertikalaj fortoj devenas de statikaj kaj dinamikaj ŝarĝoj kaŭze de trakveturiloj. La statika ŝarĝo estas vertikala pezforto de senmova trakveturilo, kiun al la relo transdonas du radoj de radakso. Ĝia nomo estas: radaksa ŝarĝo. La radaksa ŝarĝo estas tiu parto de kargo kaj de propra pezo de la veturilo, kiu apartenas al unu radakso. Ĉe kalkulado oni supozas egalmezuran distribuon de la kargo.

Laŭ preskriboj de UIC la trako devas fidinde porti 225 kN-ojn.

La grando de dinamika ŝarĝo dependas de la stato de trako kaj veturiloj, alie ankaŭ de la rapido de veturiloj. Ĝia valoro estas malfacile determinebla, ĉar ĉiuj faktoroj estas variaj.

La tuta ŝarĝo (statika + dinamika) en favora kazo apenaŭ diferencas de la statika, en malfavora kazo ĝi povas atingi eĉ ties duoblon kaj krome povas esti grava diferenco inter ŝarĝoj de la du radoj.

La surkonstruaĵaj strukturoj devas esti kapablaj porti, transdoni kaj samtempe malpliigi la ŝarĝojn efikantajn sur ili tiamaniere, ke la trakbazo transprenu la ŝarĝojn sen difekto.

Se ni supozas, ke la rada ŝarĝo estas 105-110 kN-oj, la proceson de transdono de ŝarĝo montras la figuro.

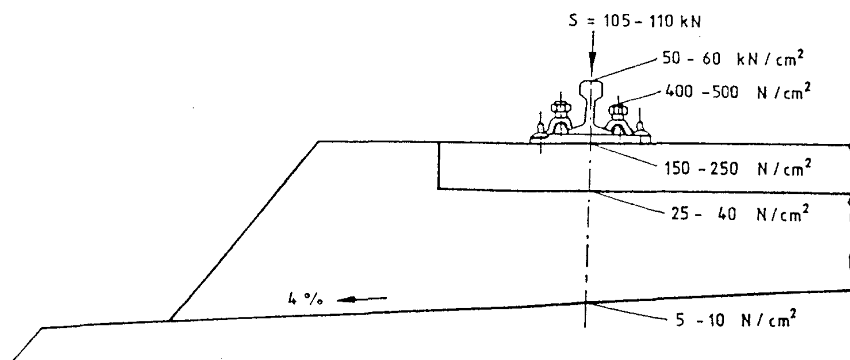


Fig. 1. Distribuo de la rada ŝarĝo al la elementoj de surkonstruaĵo

La transversaj fortoj aperas plej ofte en kurbaj traksegmentoj. Ilin kaŭzas frotado inter la radflanĝo kaj la rulsurfaco de relo. Grandeco de transversaj fortoj dependas de karakterizaĵoj de kurbo, unuavice de kurboradiuso, sed grava estas ankaŭ rapido, radaksosinsekvo kaj rulkvalito de la veturiloj. En malfavora kazo la grandeco de transversaj fortoj povas atingi eĉ valoron de la statika ŝarĝo. Transversaj fortoj kune kun vertikalaj fortoj formas rezultan forton, kiu efikas al la relo.
La transversa rezistopovo de la trako devas esti pli granda ol la ŝarĝo al ĝi efikanta. Se ĉi tiu postulo ne estas plenumita, elformiĝas malgrandaj delokiĝoj, trakdeformoj.
En rektaj trakpartoj la trakdifektoj kaj serpentformaj movoj de veturiloj kaŭzas transversajn fortojn. Ili estas ĝenerale pli malgrandaj ol tiuj, kiuj estiĝas en kurboj.
La laŭlongaj fortoj en la trakoj devenas de trajntrafiko kaj temperaturŝanĝiĝo.
La laŭlongaj fortoj devenantaj de trajntrafiko ĝenerale havas malsamajn grandecon kaj direkton en la du reloj. Se la rezisto de la trako ne estas sufiĉa, okaze de konvenciaj trakoj la reloj formoviĝas, kelkloke la relfinaj interspacoj malpliiĝas, ĉesas, aliloke pliiĝas. La reljuntoj de relparoj ŝoviĝas. Ĉe konstruado la rekto kunliganta la reljuntojn estas orta al la trakakso, sed pro laŭlonga formoviĝado de reloj ĝi oblikviĝas.
En t.n. premataj sekcioj, kie la relfinaj interspacoj ĉesas, la provarma dilato de la reloj estas barata kaj pro tio estiĝas grandaj premfortoj, kiuj povas deformi la trakon ĝis trafikdanĝera skalo.
En t.n. tirataj sekcioj, kie la relfinaj interspacoj pliiĝas pro malvarmo kaj sekva maldilato de la reloj, estas la proceso limigata kaj pro tio povas estiĝi grandaj dilataj tirfortoj, kiuj povas kaŭzi eĉ rompiĝon de relsplintboltoj. Ankaŭ tio povas kaŭzi akcidenton.
Unu parto de laŭlongaj fortoj devenantaj de trajntrafiko puŝas relojn al antaŭenira direkto de la veturiloj dum alia parto de la menciitaj fortoj puŝas relojn en direkto inversa.
Fortoj en antaŭenira direkto estas:

- efiko de bremsado, kiu aperas antaŭ stacioj kaj haltejoj,
- frotefikoj de ruliĝantaj radoj de veturiloj,
- dum descenda veturado, la deklivdirekta komponanto de pezforto,
- la batoj de radoj ĉe reljuntoj, kiam la radoj batas la relfinon situantan iom pli alte, rilate al la relfino ŝarĝita,
- fleksomovoj de reloj sub ŝarĝo, sekve de kiu la radoj ĉiam supreniras mildan deklivon.

Ĉi tiu ŝovanta efiko aperas ankaŭ ĉe la elastaj relfiksaĵoj.

Fortoj en inversa direkto estas:
- efikoj de trakciradoj, kiuj pere de adhero transdonas la trenforton aperantan sur sia periferio al la reloj,
- frotado aperanta inter relkapo kaj radflanĝo dum ruliĝado,
- dum ascenda veturado la deklivdirekta komponanto de la pezforto.

Reziston kontraŭ relrampado donas:
- frotado aperanta inter reloj kaj apogplatoj, ankaŭ tiel inter apogplatoj kaj ŝpaloj,
- premanta efiko al la relpiedo devenanta el relfiksaĵoj,
- ĉe reljuntoj frotado aperanta inter balasto kaj reljuntaj ŝpaloj, kiun nuligas la teniloj de angula relsplinto,
- pasiva rezisto de balasto troviĝanta antaŭ la ŝpaloj.

La relrampado komenciĝas, se la vektorsumo de laŭlongaj fortoj efikantaj al la reloj estas pli granda ol la rezisto kontraŭ formoviĝo de la reloj.

Laŭ spertoj en rektaj sekcioj la maldekstra relo ordinare moviĝas antaŭen pli rapide ol la dekstra, la dekstra relo moviĝas eĉ malantaŭen, tiel la komuna moviĝo de la du reloj havas la saman rotacisencon kiel la horloĝmontriloj. Kaŭzo de tio ankoraŭ ne estas konata.

En kurbaj sekcioj la ekstera relo rapidas antaŭen, kion kaŭzas la forta frotado de radflanĝoj.

La dilataj fortefikoj aperas pro temperaturŝanĝiĝo. Pro altiĝo de temperaturo aperas premforto, pro malaltiĝo de temperaturo estiĝas tirforto.

Sekve de temperaturŝanĝiĝo la longo de la relo ŝanĝiĝas. Se la kresko de longo estas parte aŭ tute barata, en la relo estiĝas prema streĉo.

Se dilatiĝon de relo baras nenio, tiam relo l metrojn longa plilongiĝas per valoro Δl, se ĝia temperaturo altiĝas de t_1 al t_2 [°C]. Okaze de malaltiĝo de temperaturo laŭ la sama amplekso, la relo malplilongiĝas je la sama valoro.

$$\Delta l = \propto \times l\,(t_2 - t_1)$$

kie $\propto$: koeficiento de termika dilato de relŝtalo ($11{,}5 \times 10^{-6}$)

En Hungario oni konsideras kiel la supran limon de reltemperaturo η +60 C° kaj la malsupran limon η −30°C. Konsiderante tion, la plej granda

longŝanĝo de la relo estas

$$\Delta l_{max} = 11{,}5 \times 10^{-6} \times 90 \times l$$

$$\Delta l_{max} = l/1000 \text{ [mm]}$$

La lasta rilato signifas, ke ĉiu metro de nebarata dilatata relo povas dilate plilongiĝi je unu milimetro.

En konvenciaj trakoj la streĉa relsplintaĵo kaj la streĉefika relfiksaĵo baras, sed ne malhelpas evoluon de la reldilatiĝo.

En tiuspecaj trakoj estiĝas parte barata dilatiĝo, pro tio ne estas bezone realigi 1 mm de reljunto por ĉiu metro da relo. Estas do eble pliigi la longon de la reloj je 21, 24, 36 m tiel, ke la relfina interspaco estas maksimume 20 mm. La relfina interspaco 20 mm ankoraŭ ne malhelpas la trankvilan ruliĝon de la veturiloj.

Se la estiĝo de dilatiĝo estas malhelpata – tio okazas ĉe kunvelditaj trakoj – en relstrio l metrojn longa estiĝas tiel granda streĉo, kiu kaŭzus longŝangon $\Delta l = \propto l\,(t_2 - t_1)$.

La valoron de tiu streĉo ni povas kalkuli laŭ la leĝo de Hooke:

$$\sigma = E \times \epsilon$$

kie:
$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\propto \times l\,(t_2 - t_1)}{l} = \propto (t_2 - t_1)$$

E: modulo de elasteco de la ŝtalo (210 000 MPa)

$$\sigma = E \propto (t_2 - t_1)$$

Post anstataŭigo per nombraj valoroj:

$$\sigma = 2{,}5\,(t_2 - t_1) \text{ MPa}$$

La valoro de estiĝintaj streĉoj estas nedependa de longo de relo, kies dilatiĝo estas malhelpata. Ĝi dependas nur de la temperaturdiferenco kaj de materialaj karakterizaĵoj de la relo.

Tio estas la kondiĉo de realigo de kunvelditaj trakoj.

La kono de fortoj efikantaj al reloj estas tre grava. Kiel estis menciite, ĉi

tiuj fortoj havas varian grandecon. Okaze de projektado de reloj kaj relfiksaĵoj oni uzas por statikaj mezurkalkuladoj teorie difinitan fortovaloron.

Se tiu teoria valoro estus malpli granda ol la praktike aperantaj fortoj, tiuokaze la surkonstruaĵaj strukturoj povus difektiĝi, kaj kaŭzi gravajn katastrofojn. Se la teoria valoro estus grave pli granda ol la efektiva, tio kaŭzus malŝparon de materialo kaj superfluajn kostojn.